

Para tráfico de viajeros:

$$d_v < \frac{40\,000}{0,0612 - 0,016 - \frac{2}{r}} = \frac{40\,000}{0,0452 - \frac{2}{r}}$$

O sea,

$$\left(0,0452 - \frac{2}{r}\right) \cdot d_v < 40\,000$$

Con  $H = 0$   $d_v < 885\,000$  viajeros-km/km

Para tráfico mixto:

$$\left(0,2524 - \frac{1,20}{r_m}\right) \cdot d_m + \left(0,0452 - \frac{2}{r}\right) \cdot d_v < 40\,000$$

b) Cuando hay que construir la carretera.  
Del mismo modo se llega a la fórmula:

$$d < \frac{m - \left(\frac{C'}{n} + m'\right) \frac{L'}{L}}{\left(\frac{M'}{n} + b'\right) \frac{L'}{L} - \left(b + \frac{H}{r}\right)}$$

que, como es natural, da aún menores valores que en el caso anterior, por ser menor su numerador.

*Problema núm. 6.—Existiendo una carretera y un ferrocarril en explotación paralelos, ¿hasta qué distancia puede ser conveniente que se haga el transporte por carretera?*

Existiendo de modo permanente e independiente del tráfico los gastos fijos, es claro que convendrá hacer el transporte por carretera en la longitud en que los gastos variables del ferrocarril aumentados en los

de origen a estación y estación de término a destino, sean mayores que los variables del transporte por carretera, o sea mientras:

$$\left(\frac{M'}{n} + b'\right) \cdot L + H > \left(\frac{M'}{n} + b'\right) \cdot L'$$

y siendo

$$L' = \alpha L \quad L < \frac{H}{\left(\frac{M'}{n} + b'\right) \alpha - \left(\frac{M'}{n} + b'\right)}$$

Con los valores utilizados en los ejemplos anteriores y  $\alpha = 0,80$ , resulta, para mercancías,

$$L < \frac{1,20}{0,2824 \cdot 0,8 - 0,0312} = \frac{1,20}{0,19472} = 6,17 \text{ km}$$

$$L' = 4,936 \text{ km}$$

y para viajeros,

$$L < \frac{2}{0,0612 \cdot 0,8 - 0,017} = \frac{2}{0,03196} = 62,7 \text{ km}$$

$$L' = 50,16 \text{ km}$$

Es claro que en los casos en que

$$H = 0 \quad L = 0$$

o sea: no convendrá para ninguna longitud el transporte por carretera.

Repetiremos, antes de terminar, que todo este estudio está hecho desde el punto de vista de la economía directa, que es uno sólo —aunque el más importante, en la mayoría de los casos— de los factores que han de tenerse en cuenta en la resolución de problemas de transporte.

Juan ROMERA  
Ingeniero de Caminos

## Estudios previos al tendido de la red de distribución de un abastecimiento urbano de agua potable

*Propósito y causa de estas líneas.*—El propósito queda resumido en el título de este artículo. Hay bastantes cosas que estudiar, decidir y acoplar antes de extender una red nueva, o ampliar la existente; no trataré la cuestión con toda amplitud; sólo en lo que pueda ofrecer experiencia personal.

Cerca de cuatro años afecto a la red de distribución de los Canales del Lozoya y una rapidísima visita a los Estados Unidos de Norteamérica (pensionado por nuestra Escuela), no dejaron de formar y elevar mi punto de vista.

Cuando ceso en el citado cargo brindo, a los que empiezan, el resumen de mis observaciones.

### I. Consideraciones generales

*Previsión del proyecto.*—Si entre los proyectos y la obra siempre hay diferencias, ¿qué no ha de ocurrir en esta clase de obras que dependen de proyectos de ensanche que tienen frecuentes reformas?

El proyecto sólo tiene valor en cuanto a sus ejes; el proyecto de una red de distribución da la norma, pero nada más.

Se precisa un *acoplamiento al terreno*, con poca

anticipación a la obra, a base de las rasantes y anchuras que realmente tengan las calles.

El planear bien este acoplamiento puede ser decisivo para la buena conservación y fácil explotación de la red.

La principal causa que se opone a nuestro deseo es de orden económico, motivándolo causa análoga; sólo en el equilibrio de ambas encontraremos la solución.

Si a la variabilidad de los planes de urbanización unimos la de los precios, ¿de qué servirá hacer este estudio al redactar el proyecto?

*Polígonos.*—El tipo más cómodo será el que sólo sirva un trozo de calle comprendido entre dos transversales contiguas; esto da lugar a muchas válvulas con sus arquetas, etc.; es muy caro.

El polígono más económico—de momento—sería el formado por toda la red sin válvula alguna; esto es muy incómodo para los abonados y produce frecuentes roturas en la red; hoy es francamente inadmisibile.

No pudiendo dar una fórmula, daremos algunas normas y observaciones.

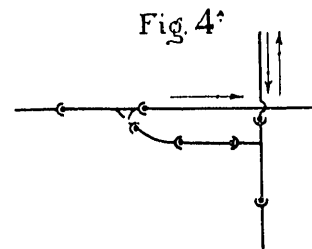
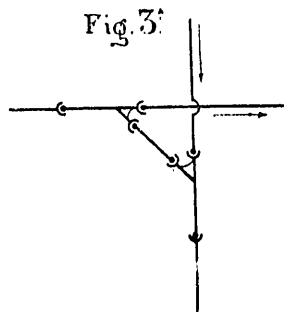
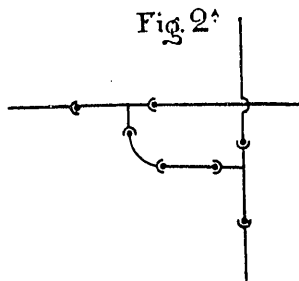
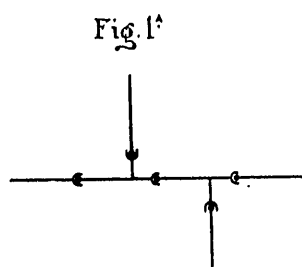
Un desagüe encarece la obra por los trabajos de

acometida al alcantarillado; valorar el tipo medio será muy interesante para los tanteos. Se deberá procurar que cada polígono tenga el menor número de desagües, por lo que se evitarán las divisorias o lomas del terreno dentro del polígono; no así las vaguadas.

El coste de las válvulas—hoy—crece poco más que linealmente, con el diámetro del paso, para valores inferiores a 300 mm, a partir del cual crece más de

en el de la figura 4, con mejora de las líneas de carga.

Instalar dos tuberías normales, cruzándose, en vez de cortarse, tiene varias ventajas: da más independencia en la ejecución de las obras; permite los empalmes estrictamente indispensables y aumentarlos conforme se precise, sin aumentar los desagües; da más independencia a los suministros de dos calles distintas; si al hacer el empalme llevamos el ramal de



prisa que la segunda potencia. Se deberá insertar el menor número posible de llaves grandes.

Los dos párrafos anteriores están de acuerdo entre sí y con la topografía del terreno. Las tuberías grandes van generalmente por las lomas. Deben ser polígonos independientes, colocando llaves en todas las derivaciones y, de tarde en tarde, en la tubería grande.

El número de llaves de un polígono no puede ser ilimitado; lo limita la maniobra de su aislamiento. Hoy por hoy, más de ocho conjuntos en una alineación, o seis en varias, no parece prudente proponer para un solo polígono (entendemos por conjunto las llaves que están en un mismo cruce de calles). Si se trata de conjuntos de una sola llave, pueden aumentarse en dos los anteriores límites.

Los anteriores límites exigen un tiempo de maniobra próximo a 45 minutos, que entendemos no debe excederse, si la red trabaja a presión superior a tres atmósferas, por los desperfectos que la fuga pueda producir en caso de rotura.

En las zonas de presiones superiores a seis atmósferas convendrá disminuir los anteriores límites.

Una red abierta se conserva más fácilmente; una red cerrada da mejor servicio. Creemos que la solución está en un caso intermedio.

Los tres párrafos precedentes también están de acuerdo. Un mismo polígono debe tener más de una alimentación para que no sea red abierta; las tuberías alimentadoras deberán formar circuitos cerrados; las que de ellas deriven se empalmarán sólo lo indispensable; en los sitios de gran presión harán

enlace a la acera, hace más económica la obra de fábrica.

Son bastantes los casos, no obstante, en que el enlace de la figura 1 es insustituible.

*Distritos.*—Se debe procurar dividir la red en zonas de características semejantes y que estén alimentadas por pocas tuberías principales.

A la entrada del distrito y en cada una de las tuberías alimentadoras deberá instalarse un aparato, reversible, registrador de caudales.

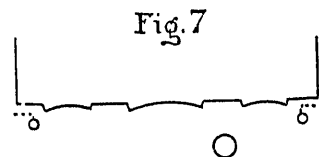
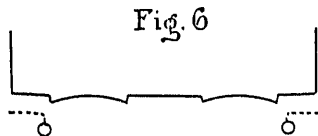
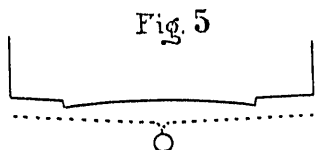
Cada tubería alimentadora dará lugar a un subdistrito o porción de distrito, que normalmente queda abastecida por ella, para lo cual se precisará que próximo a los puntos "neutros o de corte" se dispongan llaves de polígonos que, al cerrarlas, permitan el aislamiento de cada subdistrito.

Cada tubería del distrito debe estar preparada para aforar su caudal en momento conveniente con aparato volante que sea fácilmente transportable e instalable.

Para la investigación de fugas, de abastecimientos clandestinos y, en general, para la economía del agua, tiene mucho interés planear bien estos distritos y subdistritos.

De entre los abastecimientos visitados merece destacarse en este aspecto el de Washington O. C., que tenía dividida y conocida toda su red y funcionando el servicio rotativo de investigación y comprobación, con resultados satisfactorios.

*Distribución práctica de la sección hidráulica proyectada.*—El proyecto da la sección hidráulica mini-



falta pocos empalmes, y los polígonos tendrán pocas llaves (aislamiento rápido); en los sitios de poca presión se precisarán más empalmes (aislamiento más lento, pero sin gravedad).

De entre los enlaces de las figuras 1 y 2 se preferirá el de la 2, que en caso de tuberías alimentadoras, en las que se conoce el sentido de la corriente máxima, se podrá transformar en el caso de la figura 3 o

ma; pero no exige que se coloque una sola tubería para conseguir su sección hidráulica.

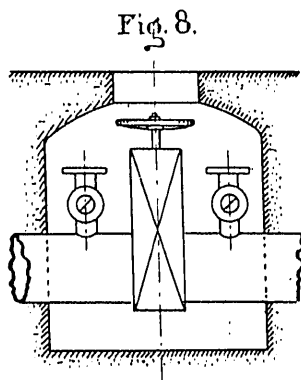
Las tres soluciones prácticas, hoy en día, las representamos en las figuras 5, 6 y 7.

Para la conservación y explotación en calles anchas la mejor solución es la del tercer caso; urbanamente ocurre lo mismo. La segunda solución puede considerarse provisional, para su paso futuro a la

tercera. La primera es insustituible en calles estrechas.

Las tuberías pequeñas o laterales no creemos prudente sean de diámetro muy superior a 100 milímetros; cuando sólo se pongan dos tuberías, en muchos casos se precisaría mayor diámetro, y entonces *habría que instalarlas a mayor distancia de los edificios*.

En el caso de la figura 7, las tomas se harán sólo



en las tuberías laterales; téngase en cuenta, al calcular el coste de la red, no sólo el de primera instalación, y sí el de las tuberías de abastecimiento de las fincas.

Téngase en cuenta que la tubería central (la gruesa) puede ser de material más barato que la fundición.

Téngase en cuenta que esta solución permite instalar en un principio únicamente las tuberías pequeñas, y después, cuando ya se obtuvieron ingresos y crece la edificación, puede extenderse la red central de tuberías alimentadoras.

Téngase en cuenta que es la única forma de poder mejorar las secciones, por simple sustitución, sin dejar de prestar el servicio público.

Téngase en cuenta todo ello y se verá que las posibilidades económicas de este sistema de tres tuberías crecen insospechadamente.

En la práctica se presenta esta solución con más frecuencia de lo que se cree, sólo que por no estar planeada desde un principio resulta más cara. En Madrid, por ejemplo, se tiene con mucha frecuencia una tubería central de los Canales del Lozoya, en la que se hacen las tomas para los suministros; otras dos tuberías para abastecer las bocas de riego, y que se alimentan de la anterior; otra tubería del Canal del Marqués de Santillana, y cuantas sean precisas para reforzar estos abastecimientos.

## II. Detalles

*Piezas especiales.*—Debe cuidarse mucho el pedido de estas piezas; no tener existencia de suficiente número encarece notablemente la obra.

Estudiada la composición definitiva de la red, deberá procederse a despezar todos los empalmes. Estos mismos despiezos servirán de planos de ejecución al capataz.

El número de piezas que se pida de cada tipo será mayor del que resulte de los citados despiezos, especialmente en lo que se refiere a piezas curvas y conos. Hay que estar a cubierto de imprevistos y de roturas, etc.

*Estaciones de aforo.*—Para las tuberías alimentadoras de los distritos creo que, por ahora, los

Venturi son insustituibles. Convendrá unificar lo más posible tipos y diámetros.

Las estaciones en tuberías que no sean de entrada o alimentación de distritos no merecen cámaras destinadas exclusivamente a ellas. Lo más práctico será que, dentro de las cámaras de maniobra de todas las válvulas, y lo más alejada que se pueda de ellas, se instale una acometida 40 mm a cada lado de la llave, como indica la figura 8.

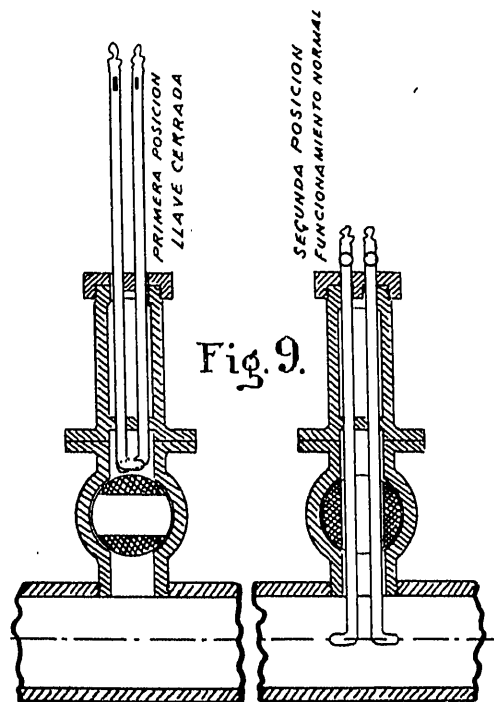
Las acometidas deberán ser rectas y con llave de macho para poder acoplar los tubos "Pitot", como se indica en la figura 9.

El aparato registrador se acoplará a los tubos y referido a la pared.

*Válvulas en la red.*—Las averías en las válvulas son más frecuentes de lo que fuera de desear; en las llaves antiguas las averías solían presentarse más en forma de acodalamientos y atascos del mecanismo de maniobra; en las actuales se presenta la rotura con más frecuencia.

Las válvulas de paso inferior de 400 mm se sustituyen fácilmente; conforme aumenta el diámetro la sustitución se complica, y para diámetros superiores a 800 mm es casi temible. Esta es una razón más para colocar en la red pocas llaves grandes y únicamente las indispensables.

Como previsión contra las averías de las válvulas, se ha dispuesto en distintas ocasiones la colocación contigua a ellas de piezas en T con agujero de hombre, que permite el acceso al interior de la válvula. Con mucha más frecuencia se dice que las juntas sean de bridas, "porque permiten sustituirlas fácilmente". Los que hemos intervenido en estos tra-



bajos podemos apreciar el humorismo de tal afirmación, que no podemos admitir.

Tal vez esté la solución en adoptar sistemáticamente, para las válvulas, la junta "jibault" u otra de características análogas. De esta junta, aplicada a diámetros menores de 450 mm, tenemos buena experiencia; de mayores diámetros, nada puedo decir.

En cuanto a llaves automáticas, sólo poseo la ex-

perencia de New-York. En 1929 tenían instaladas unas 40 válvulas de cierre automático en tuberías de diámetros próximos a un metro. Estas válvulas cerraban automáticamente cuando la velocidad pasaba del límite establecido. El resultado fué tan satisfactorio, que en las obras del segundo túnel a presión, en sus derivaciones, estaban instalando otras treinta válvulas para tuberías de metro y medio de diá-

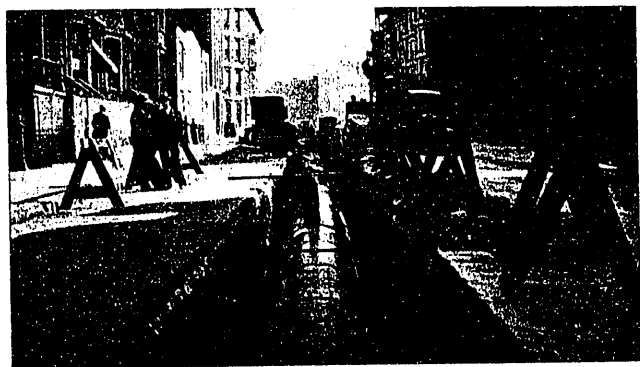


Fig. 10

metro, y en las que sus derivadas eran de palastro roblonado, simplemente embetunadas y enterradas.

Nunca aconsejaría la práctica que muestra la fotografía; difícilmente se puede contar con un subsuelo como el de New-York.

En esta misma población la regulación de presión se hacía a mano, dirigida por un capataz, que permanentemente estaba en un "shaft", o pozo, derivación del túnel a presión. Este hecho, en un país en que tan cara y escasa estaba la mano de obra, creo que hace innecesario todo comentario a las válvulas reguladoras de presión.

*Arquetas y cámaras de maniobra.*—Creo que de una vez para siempre debe abandonarse el sistema de cámara de maniobra con acceso por la acera.

Los accesos por la acera invaden transversalmente todo el campo de otros servicios, por la galería de acceso que precisan. Si, para evitarlo, damos gran profundidad a estas galerías, a más de encarecer la obra, facilita la acumulación de gases en la cámara de maniobra, con evidente peligro para el personal encargado del manejo de las válvulas.

Tolera, este sistema, poco espacio entre el vástago y la bóveda; obliga a estar en la cámara al personal durante la maniobra; obliga a que estas cámaras sean suficientemente amplias. Muchísimo más económicas, higiénicas y prácticas son las arquetas con acceso directo. La maniobra se hace exteriormente, y en New-York, con el motor de la camioneta. Su ventilación es fácil y directa; sus dimensiones, reducidas al mínimo para caso de sustitución de llave; no tiene galería de acceso; siempre hay espacio suficiente entre el vástago y la tapa; invita, por último, a suprimir los tranvías.

*Junta de enchufe y cordón.*—Una junta nueva no requiere precaución extraordinaria; pero ocurre con frecuencia, al realizar empalmes con la red vie-

ja, que, por defecto de las llaves en servicio, no se logra cortar el agua de modo absoluto; este mismo caso se presenta con frecuencia, durante la explotación, en las averías. En estos casos la colocación y repetado de la filástica no ofrece dificultad; en cambio el plomo fundido no es posible usarlo; recomendamos el uso de lana de plomo en sólo 1/5 del ancho destinado a este material, y, una vez retacado, se habrá cortado el paso del agua, pudiendo completar ya el enchufe con plomo fundido, que trabará perfectamente, por fusión parcial, con la lana colocada anteriormente. De esta forma se conseguirá junta permanente, cosa que no ocurre si se emplea sólo lana de plomo, ya que con el retacado no se logra trabazón entre los filamentos, y la compacidad lograda desaparece con vibración ligera. No es frecuente encontrar en el mercado lana de plomo; debe encargarse con anticipación, y ya se comprende que su uso es muy limitado, pero necesario.

En las juntas entre nuevos materiales venimos usando tradicionalmente plomo fundido. Cuando visité el abastecimiento de New-York estaban ensayando materiales que sustituyen al plomo. Las características de esas patentes eran: punto de fusión mucho más bajo que el plomo, menor densidad, menor coste para un mismo volumen; la junta con ellos realizada no requiere retacado.

Los ensayos que presencié fueron completamente satisfactorios: dos tuberías de iguales condiciones y con agua a presión se sometieron a idénticas cargas de flexión. La tubería con juntas de plomo tomó mayor flexa y dió mayores fugas. Quedaron en enviarme cuantos resultados e incidencias apreciases, en especial la influencia del tiempo en la junta. Hasta hoy no recibí noticia alguna, y en noviembre de 1929, si bien se había empleado en pequeños abastecimientos de los Estados Unidos de Norteamérica, en los de New-York, Filadelfia y Wáshington no se habían adoptado esas patentes.

*Previsiones para obras futuras.*—La red de distribución no suele hacerse de una vez. Surge la duda de si deben dejarse preparadas las derivaciones para las obras futuras; en nuestra opinión, debe hacerse cuando se tienda tubería de 500 mm de diámetro o mayor; cuando sea mayor de 800 mm, no sólo se dejarán las derivaciones previstas, sino alguna más; cuando sean diámetros menores de 400 mm, lo mejor será no dejar previsión alguna. Estas cifras se refieren a tuberías de fundición y cuando se dispone de los medios auxiliares corrientes.

\* \* \*

Para dar fin a mi propósito, sólo queda dirigir un ruego a todo el que haya hecho algo, que le proporcione observaciones y datos y méritos, para que los publique. Pueden así orientar al que empieza, y, de entre todas las obras, tal vez sea ésta la de mayor rendimiento.

Por mi parte, estoy particularmente a la disposición de los lectores para ampliar el punto que concretamente les interese.

Fernando SERRANO SUÑER  
Ingeniero de C., C. y P.